

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 40 19 000 A 1**

(51) Int. Cl. 5

F 01 D 25/06

F 01 D 5/26

DE 40 19 000 A 1

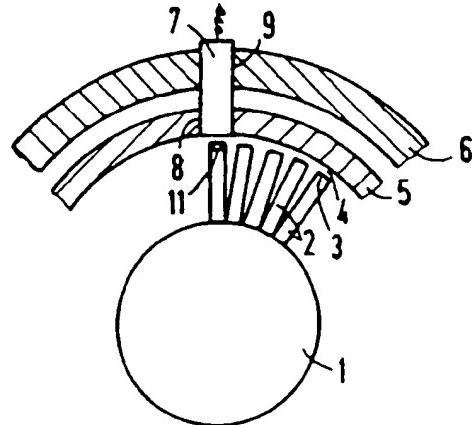
(21) Aktenzeichen: P 40 19 000.5
(22) Anmeldetag: 13. 6. 90
(23) Offenlegungstag: 19. 12. 91

(71) Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

(72) Erfinder:
Zörner, Walter, Dipl.-Ing., 8523 Baiersdorf, DE

(54) Turbine mit einer Welle und daran befestigten Turbinenschaufeln

(55) Die Erfindung betrifft eine Turbine mit einer Welle (1) und daran befestigten Turbinenschaufeln (2). In dem die Turbinenschaufeln (2) umgebenden Gehäuse (5, 6) erfolgt eine Schwingungsüberwachung zur Feststellung von Schäden an Turbinenschaufeln (2) mit einem magnetischen Kreis (10), der vorzugsweise einen Permanentmagnet (11) im Schaufelkopf (3) und einen Geber (7) im Gehäuse (5, 6) umfaßt. Die Erfindung kommt insbesondere für den Niederdruckteil von Dampfturbinen in Frage, wo große, mechanisch besonders beanspruchte Turbinenschaufeln (2) sitzen. Die Erfindung eignet sich auch bei Verwendung einer hochtemperaturbeständigen Keramikspule für den Einsatz bei Turbinenschaufeln (2) in Hoch- und Mitteldruckturbinen.



DE 40 19 000 A 1

I
Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Turbine mit einer Welle und daran befestigten Turbinenschaufeln und mit einem die Turbinenschaufeln umgebenden Gehäuse, wobei eine Schwingungsüberwachungseinrichtung zur Feststellung von Schäden an den Turbinenschaufeln vorgesehen ist. Die Erfindung kommt insbesondere für den Niederdruckteil einer Dampfturbine in Frage, wo große, mechanisch besonders beanspruchte Turbinenschaufeln sitzen.

Es ist bekannt, bei der Entwicklung von Endstufen moderner Dampfturbinen mit Schaufeln bis zu 1 m Länge das Schwingungsverhalten mit Dehnungsmeßstreifen zu überwachen, deren Signale über eine telemetrische Signalverarbeitung erfaßt werden. Diese Methode eignet sich jedoch nur für niedrige Temperaturen und versagt bei Dauerbetrieb wegen ihrer Störanfälligkeit.

Bekannt geworden ist auch die Erfassung der Amplitudenmessung der Schaufeln mittels eines Laserstrahls. Der Nachteil dieser Methode ist jedoch, daß bei Belägen an den Schaufeln die Signalerfassung gestört wird. Ferner kann dieses Verfahren nur durch einen großen Aufwand mit Kühlung bei höheren Temperaturen eingesetzt werden.

Im Betrieb läßt sich das Abreißen größerer Schaufeln daran erkennen, daß die damit verbundene Unwucht das Schwingungsverhalten der Turbinenwelle erkennbar verändert. Der Schaden ist dann jedoch bereits eingetreten und eine Reparatur mit einem längeren Betriebsstillstand unvermeidlich.

Demgegenüber geht die Erfindung von der Aufgabe aus, bereits einen sich anbahnenden Schaden an einzelnen Turbinenschaufeln festzustellen, weil dann durch eine rechtzeitige Auswechselung die im allgemeinen wesentlich größeren Folgeschäden vermieden werden konnten.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß Turbinenschaufeln nicht spontan abreißen, sondern daß eine relativ langsam fortschreitende Rißbildung durch Wechselbeanspruchung dem endgültigen Versagen vorangeht. Gemäß der Erfindung wird die genannte Aufgabe dadurch gelöst, daß für Turbinen der eingangs genannten Art bei mehreren um den Umfang der Welle verteilten Turbinenschaufeln an dem dem Gehäuse zugekehrten Ende der eine Teil eines magnetisch gekoppelten Kreises vorgesehen ist, und daß der andere Teil des magnetisch gekoppelten Kreises am Gehäuse angeordnet und als Geber derart mit einer Auswertungsschaltung verbunden ist, daß das durch einen Anriß an einer Turbinenschaufel veränderte Schwingungsverhalten erfaßt wird.

Mit der Erfindung kann vor allem die sich ändernde Schwingungsamplitude an der Spitze der betroffenen Turbinenschaufel erkannt werden, und zwar während des Betriebes. Sind z. B. nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung im Schaufelkopf Permanentmagnete eingesetzt, so induzieren diese in einer Spule, die im Gehäuse, z. B. dem festen Leitschaufelträger, sitzt, eine Spannung, die charakteristisch ist für eine gegebene Amplitude. Bei Änderung der Amplitude einer oder mehrerer Turbinenschaufeln ändern sich die Signalabstände zu benachbarten Schaufeln und die Signalcharakteristik. Dabei ist die Signalausbildung der schwingenden Turbinenschaufel durch die Geometrie der Beschaufelung und die Eigenschaften der Spule festgelegt. Besonders vorteilhaft läßt sich die Erfindung mit einem Vergleich verwirklichen, bei dem die vorliegen-

den Betriebsdaten (Istwerte) mit den Anfangswerten (Sollwerte) verglichen werden, die bei Inbetriebnahme der Anlage oder bei Versuchsläufen aufgenommen und gespeichert wurden.

Um einen sich anbahnenden Schaden sicher zu erkennen und Fehler auszuschließen, können zur Analyse der Schwingung mehrere Wellenumläufe herangezogen werden, damit die tatsächlichen maximalen Amplituden der geschädigten Turbinenschaufel erfaßt werden. Ferner kann die Genauigkeit der Messung durch zusätzliche Geber erhöht werden, die vorzugsweise im Gehäuse verteilt angeordnet sind.

Die in der Beschaufelung von Turbinen auftretenden hohen Temperaturen werden bei einer Weiterbildung der Erfindung dadurch beherrscht, daß die im magnetischen Kreis verwendeten Spulen eine Keramikisolierung aufweisen. Solche Spulen können auch anstelle möglicherweise temperaturempfindlicher Permanentmagnete eingesetzt werden, wenn sie mit Gleichspannung gespeist werden. Durch eine Markierung am Schaufelkopf, insbesondere eine magnetische Kodierung, läßt sich vorteilhafterweise die Lage jeder Schaufel erkennen, so daß eine genaue Schadensortung möglich ist.

Die Aufnahme des Istzustandes der Schaufelschwingungen kann während des Betriebes ständig, intermittierend oder abhängig von anderen Alarmsignalen an der Turbine erfolgen. In jedem Fall können die Istwerte gespeichert und so rechnergesteuert über ein Auswertungsprogramm mit den Sollwerten verglichen werden. Dabei können zur umfassenden Bewertung der Schwingungsüberwachung auch die Ist-Drehzahl und die Leistung der Turbine zugeordnet werden.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 einen vereinfachten Teilquerschnitt einer Turbine und

Fig. 2 in größerem Maßstab Einzelheiten des magnetischen Kreises.

Die in Fig. 1 in einem Querschnitt vereinfacht dargestellte Turbine ist eine Dampfturbine zum Antrieb eines Generators und hat einen Hoch- und einen Niederdruckteil. Durch den letzten geht der Schnitt, der in einem Ausschnitt den im wesentlichen rotationssymmetrischen Aufbau erkennen läßt.

An der Turbinenwelle 1 sind Turbinenschaufeln 2 aus Chromstahl befestigt, die in der Endstufe eine Länge von 1 m haben. Sie sind mit ihrem Schaufelfuß in der Turbinenwelle 1 verankert. Ihr Schaufelkopf 3 ist durch einen Spalt 4 von einem Innengehäuse 5 getrennt, das als Träger der nicht dargestellten Leitschaufeln feststehend in dem Außengehäuse 6 angeordnet ist. Vom Außengehäuse 6 zum Innengehäuse 5 erstreckt sich ein Geber 7 zur Schwingungsüberwachung, der durch Ausnehmungen 8 und 9 ragt und der anhand der Fig. 2 näher erläutert wird.

Zur Schwingungsüberwachung dient ein magnetischer Kreis 10, dessen nicht dargestellte Kraftlinien den Spalt 4 überbrücken. Sie gehen von einem in die Turbinenschaufeln 2 am Schaufelkopf 3 eingelassenen Einsatz 11 aus, der als Permanentmagnet den an der Schaufel 2 angeordneten Teil des magnetischen Kreises 10 bildet. Der Einsatz 11 hat, wie die gekippte Darstellung des Schaufelprofils zeigt, eine längliche Form mit einer dem Schaufelprofil angepaßten schrägen Lage.

Der Geber 7 bildet den dem Gehäuse 5, 6 zugeordneten anderen Teil des magnetischen Kreises 10. Sein we-

sentlicher Bestandteil ist eine auf einem Kern 12 sitzende Spule 13 mit keramischer Isolierung (Keramikspule). Sie ist in einer Abdeckung 14 untergebracht, die mit zwei Flanschen 15 und 16 am Innengehäuse 5 bzw. am Außengehäuse 6 befestigt ist. Zwischen den Flanschen 5 15 und 16 ist die Abdeckung 14 zum Ausgleich von Wärmebewegungen als Wellrohr 17 gestaltet.

Beim Betrieb der Turbine induziert der Permanentmagnet 11 in der Spule 13 Spannungen, die als Signalfrequenzen einer nicht dargestellten Auswertungsschaltung 10 zugeführt werden. Sie sind charakteristisch für das Schwingungsverhalten der Turbinenschaufel 2 und können deshalb zur Fehlererkennung dienen, wenn sich das Schwingungsverhalten, besonders die Amplitude, gegebenenfalls aber auch die Frequenz, durch Anrisse ändert, die vor allem am Schaufelfuß auftreten. Deshalb kann die Turbine rechtzeitig außer Betrieb genommen und die Turbinenschaufel 2 in einer kurzen Stillstandsphase ausgewechselt werden, bevor durch das Abreißen der Turbinenschaufel 2 mit seinen Folgeschäden 20 wesentlich längere Reparaturzeiten notwendig werden.

Im Gegensatz zu der vereinfachten Darstellung des Ausführungsbeispiels werden in der Praxis mehrere, unter Umständen auch alle Turbinenschaufeln 2 mit einem magnetischen Teil ausgerüstet. Dabei kann eine magnetische Kodierung der einzelnen Turbinenschaufeln 2 z.B. durch eine unterschiedliche Länge des Einsatzes 11 erhalten werden. Damit können die Schwingungskarakteristiken der einzelnen Schaufeln 2 schon mit einem 30 einzelnen Geber 7 ermittelt werden. Im Hinblick auf Ausfallsicherheit und Meßgenauigkeit sind jedoch mehrere Geber 7 vorteilhaft, die am Gehäuse 5, 6 verteilt angeordnet sein können.

Oben war dargelegt worden, daß die Einrichtung bevorzugt für den Niederdruckteil einer Entspannungsturbine in Frage kommt. Statt dessen eignet sie sich auch bei Verwendung einer hochtemperaturbeständigen Keramikspule für den Einsatz bei Turbinenschaufeln 2 in Hoch- und Mitteldruckturbinen.

40

kennzeichnet, daß der der Turbinenschaufel (2) zugeordnete Teil (11) des magnetischen Kreises (10) eine in die Turbinenschaufel (2) eingelassene hochtemperaturfeste Spule ist, die mit Gleichspannung gespeist wird.

4. Turbine nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in dem magnetischen Kreis vorzugsweise verwendete Spule (13) eine Keramikisolierung aufweist.

5. Turbine nach einem der der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertungsschaltung einen Speicher zur Festlegung eines Sollwertes, vorzugsweise eines störungsfreien Anfangszustandes, für einen Vergleich mit dem Istwert aufweist.

6. Turbine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert eine Variable in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der Leistung der Turbine ist.

7. Turbine nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der den Turbinenschaufeln (2) zugeordnete Teil (11) des magnetischen Kreises (10) eine für die einzelne Turbinenschaufel (2) kennzeichnende Kodierung umfaßt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Turbine mit einer Welle (1), mit an dieser befestigten Turbinenschaufeln (2) und mit einem die 45 Turbinenschaufeln (2) umgebenden Gehäuse (5, 6), insbesondere Niederdruckteil einer mehrstufigen Dampfturbine, wobei eine Schwingungsüberwachungseinrichtung zur Feststellung von Schäden an den Turbinenschaufeln (2) vorgesehen ist, dadurch 50 gekennzeichnet,

- daß bei mehreren um den Umfang der Welle (1) verteilten Turbinenschaufeln (2) an dem dem Gehäuse (5, 6) zugekehrten Ende (3) der eine Teil (11) eines magnetisch gekoppelten Kreises (10), insbesondere ein Permanentmagnet, vorgesehen ist, und

- daß der andere Teil (7) des magnetisch gekoppelten Kreises (10), insbesondere eine Induktionsspule (13), am Gehäuse (5, 6) angeordnet und als Geber (7) derart mit einer Auswertungsschaltung verbunden ist, daß das durch einen Anriß an einer Turbinenschaufel (2) veränderte Schwingungsverhalten erfaßt wird.

2. Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Geber (7) im Gehäuse (5, 6) verteilt angeordnet sind.

3. Turbine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-

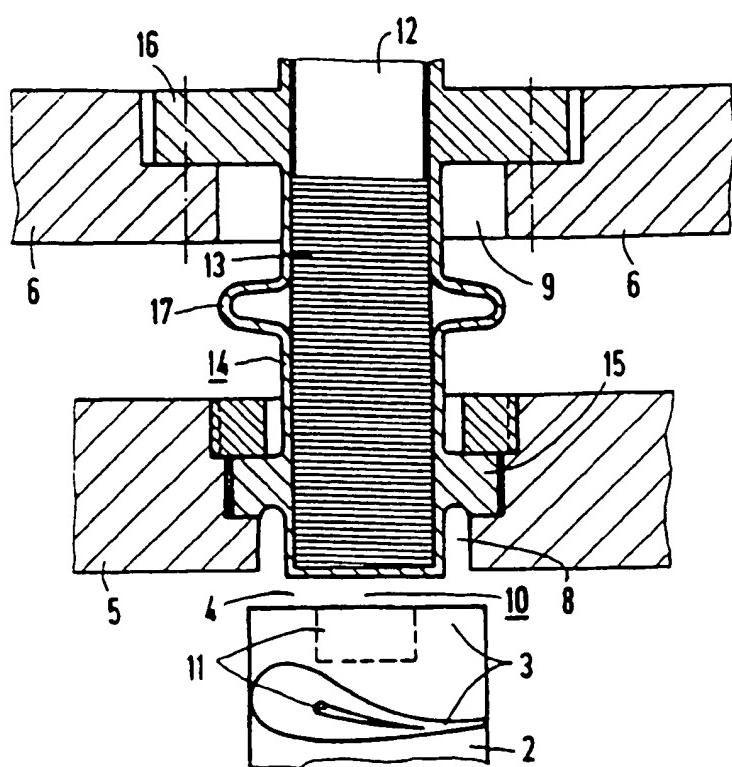


FIG 2

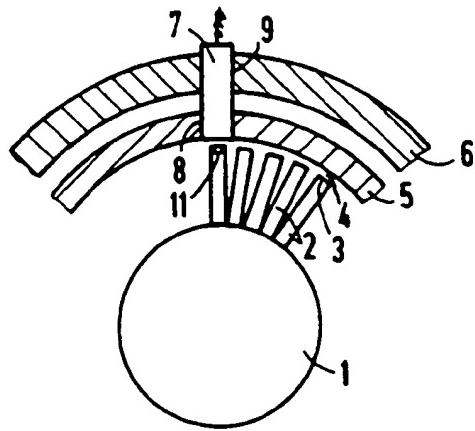


FIG 1